饲粮代谢能水平对1～3周龄四川白鹅生长性能和血清生化指标的影响

李　琴　赵献芝[*]　刘万红　何德超　彭祥伟[**]

（重庆市畜牧科学院，重庆 402460）

摘　要：本试验旨在研究饲粮代谢能（ME）水平对1～3周龄四川白鹅生长性能和血清生化指标的影响。选择780只体重相近、健康的3日龄四川白鹅，随机分成5组，每组6个重复，每个重复26只。采用单因素试验设计，设5个饲粮ME水平：12.86、12.13、11.43、10.73和10.00 MJ/kg，饲粮粗蛋白质水平均为20%。试验期为18 d。结果表明：1）饲粮ME水平10.00 MJ/kg组平均日采食量和料重比极显著高于其他各组（P<0.01），饲粮ME水平12.13和10.00 MJ/kg组末重、平均日增重均显著高于饲粮ME水平10.73 MJ/kg组（P<0.05）。2）饲粮ME水平12.86 MJ/kg组的饲料成本最高，饲粮ME水平10.73 MJ/kg组的饲料成本最低。3）饲粮ME水平12.86 MJ/kg组血清总胆固醇含量显著或极显著低于其他各组（P＜0.05或P＜0.01），饲粮ME水平10.73、10.00 MJ/kg组血清低密度脂蛋白含量极显著低于其他各组（P＜0.01），饲粮ME水平12.86 MJ/kg组血清谷草转氨酶、碱性磷酸酶活性均极显著高于其他各组（P＜0.01）。由此可见，回归分析表明，1～3周龄四川白鹅以低料重比、高平均日增重为衡量指标，推荐饲粮ME水平为12.22 MJ/kg；以高平均日增重、低饲料成本为衡量指标，推荐饲粮ME水平为10.75 MJ/kg。

关键词：育雏期；四川白鹅；代谢能；生长性能；饲料成本

收稿日期：2016-04-07
基金项目：国家现代农业(水禽)产业技术体系建设专项资金（CARS-43-15）
作者简介：李　琴（1978-），女，重庆铜梁人，副研究员，硕士，主要从事家禽遗传育种与养殖技术研究。E-mail： liqin117@126.com
*同等贡献作者
**通信作者：彭祥伟，研究员，E-mail： cqpxw@163.com

中图分类号：S835　　　　文献标识码：　　　　　　　文章编号：

鹅是一种耐粗饲的家禽，在饲草充足、相对补饲精料的条件下，一般可节约精饲料的70%而保持生长速度不下降。鹅对青草中粗蛋白质（CP）的吸收率与绵羊相似，高达76%，是名副其实的节粮型家禽[1]。1～3周龄是肉鹅早期生长发育的重要阶段，对后期生长至关重要。研究表明，饲粮代谢能（ME）水平对肉鹅的生长性能影响不显著，表明肉鹅对饲粮ME水平适应范围较广。如李琴等[2]研究表明，饲粮ME水平为12.86、12.13和11.43 MJ/kg时，对1～3周龄肉鹅平均日增重、料重比、平均日采食量影响均不显著；闵育娜[3]、魏宗友等[4]、王信喜等[5]研究表明，饲粮ME水平在9.61～12.96 MJ/kg、10.11～13.45 MJ/kg、10.83～11.75 MJ/kg之间变化时，对肉鹅平均日增重影响不显著。关于肉鹅育雏期适宜的饲粮ME水平，不同研究者得到的结果差异较大，在9.95～12.13 MJ/kg之间变化。杨文清[6]认为四川白鹅1～4周适宜饲粮ME水平为9.95 MJ/kg；李琴等[2]、林宗周[7]、马国龙等[8]、闵育娜[3]认为育雏期肉鹅适宜的饲粮ME水平在11.40～11.87 MJ/kg之间；而NRC（1994）[9]推荐标准饲粮ME水平为12.13 MJ/kg。为此，本试验针对我国养鹅生产实际，研究不同饲粮ME水平对1～3周龄四川白鹅生长性能、饲料成本和血清生化指标的影响，以确定适宜的饲粮ME水平，为制定肉鹅营养标准提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验饲粮与试验设计

饲粮参照 NRC（1994）[9]鹅营养需要推荐量及我国当前鹅实际生产要求进行配制，采用单因素试验设计，设5个饲粮ME水平，分别为12.86、12.13、11.43、10.73和10.00 MJ/kg，饲粮CP水平均为20%，以玉米和豆粕为主要原料，共配制5种试验饲粮，分别饲喂5组试验鹅。主要原料玉米、豆粕、麦麸、苜蓿参照王庆[10]、盛东峰[11]的表观代谢能（AME）值，分别为13.26、9.00、8.80和4.25 MJ/kg。试验饲粮组成及营养水平见表1。饲粮用制粒机制成颗粒料。所有试验饲粮均随机采样，过 1 mm 筛粉碎，常温保存，测定干物质（DM）、

CP、有机物（OM）、粗纤维（CF）、粗脂肪（EE）、钙（Ca）、磷（P）含量及总能（GE）。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)　　%

项目 Items	代谢能水平 ME level/（MJ/kg）				
	12.86	12.13	11.43	10.73	10.00
原料 Ingredients					
玉米 Corn	47.20	51.64	55.84	55.40	48.91
豆粕 Soybean meal	36.15	35.41	34.63	34.71	35.91
麦麸 Wheat bran	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
苜蓿 Alfalfa meal	2.50	2.50	2.50	2.50	2.5
豆油 Soybean oil	8.81	5.19	1.76	0.00	0.00
石粉 Limestone	0.87	0.80	0.80	0.87	0.87
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.17	0.16	0.17	0.16	0.16
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix[1)]	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
沸石粉 Zeolite powder				2.06	7.35
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
代谢能 ME/（MJ/kg）	12.86	12.13	11.43	10.73	10.00
粗蛋白质 CP	21.18	21.58	21.13	21.62	21.59
有机物 OM	94.74	94.94	94.88	93.82	90.88
粗脂肪 EE	9.95	6.65	3.35	2.10	1.76
钙 Ca	0.83	0.73	0.69	0.69	0.77
总磷 TP	0.67	0.76	0.74	0.74	0.73
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
L-赖氨酸 *L*-Lys	1.10	1.09	1.08	1.08	1.10

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：Fe ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 65 mg，Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 15 mg，Zn (ZnO) 65 mg，Mn ($MnSO_4 \cdot H_2O$) 85 mg，I (KI) 0.5 mg，Se ($NaSeO_3$) 0.25 g，VA 10 000 IU，VD_3 3 000 IU，VE 25 IU，VK_3 2.5 IU，VB_6 5 mg，VB_{12} 0.08 mg，核黄素 riboflavin 8 mg，烟酸 nicotinic acid 60 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 25 mg，生物素 biotin 0.25 mg，硫胺素 thiamin 2.5 mg，叶酸 folic acid 2.5 mg，氯化胆碱 choline chloride 1 500 mg.

2) 代谢能、蛋氨酸、赖氨酸为计算值外，其他营养水平为实测值。Nutrient levels were measured values except the ME, Met and Lys were calculated.

1.2　试验动物及其饲养管理

选择同机孵化的 1 日龄四川白鹅 1 300 只，经过 3 d 适应期，从中选择 780 只体重相近的健康个体，按组间差异不显著（P>0.05）的原则，随机分为 5 组，每组 6 个重复，每个重复 26 只，公母各占 1/2。4 日龄开始试验，至 21 日龄结束，试验期共 18 d，其中第 1~3 天为预试期，将饲粮由商品雏鹅料逐渐过渡到试验饲粮，第 4～21 天为正试期。采用网上平养，自由采食，采用乳头饮水器饮水，育雏起始温度为 28 ℃，以后每天降温 1.5～2.0 ℃，直至降到与环境温度相同。疾病防治程序：1～3 日龄皮下注射小鹅瘟卵黄抗体 1 mL，7~10 日龄皮下注射鹅传染性浆膜炎和大肠杆菌二联苗，14 日龄注射禽流感疫苗（H5+H9）。雏鹅采用小饲料槽进行饲喂，饲喂方式为少喂勤添，保证饲槽内常有料。每日 08:00 称量饲料剩余重，每天记录死亡、淘汰鹅只数量。

1.3　生长性能测定

试验第 1 天与第 18 天测定鹅只初生重和末重（空腹 6 h 体重）。以重复为单位称重，记录重量与数量，计算始重、末重，根据每日记录的饲喂量与剩料量，计算平均日采食量、平均日增重和料重比。

1.4　血清生化指标测定

育雏结束后，从每组随机抽出体重接近平均体重的鹅 12 只（每个重复 2 只），共 60 只，在晨饲前，用 5 mL 一次性注射器从翅静脉处抽取血液约 5 mL，4 ℃斜置静放 1~2 h，3 000 r/min 低温（4 ℃）离心 20 min，得血清分装，待测脂类代谢产物（总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白和高密度脂蛋白）、蛋白质类代谢产物（谷丙转氨酶、谷草转氨酶、碱性磷酸酶、总蛋白、白蛋白、球蛋白）含量或活性。

1.5　统计分析

采用 Excel 2003 软件进行数据的基本处理。采用 SPSS 11.5 软件中的 GLM 模块进行方差分析和显著性检验，前者采用 Duncan 氏法，后者采用 S-N-K（Student Newman-Keuls）法。采用 SPSS 11.5 软件中的回归线性模型拟合各能量组数据，以确定适宜的饲粮 ME 水平。模型如下：

y =a+bx。

式中：y 为平均日采食量或料重比，x 为饲粮 ME 水平，a 为常数，b 代表斜率。

2　结果与分析

2.1　饲粮 ME 水平对 1～3 周龄鹅生长性能的影响

由表 2 可知，随着饲粮 ME 水平的降低，末重、平均日增重呈先增加后降低再增加的趋势，平均日采食量、料重比呈逐渐增加的趋势。饲粮 ME 水平 10.00 MJ/kg 组平均日采食量和料重比极显著高于其他各组（P<0.01）。饲粮 ME 水平 12.13 和 10.00 MJ/kg 组末重、平均日增重均显著高于饲粮 ME 水平 10.73 MJ/kg 组（P<0.05）；饲粮 ME 水平 10.00 MJ/kg 组平均日采食量和料重比最高。

回归分析表明，平均日采食量（y_1）、料重比（y_2）与饲粮 ME 水平（x）之间均存在极显著的线性相关关系，线性方程分别为：

y_1=132.994-4.644x (P<0.01，R^2=0.664)；

y_2=2.997-0.102x (P<0.01，R^2=0.859)。

利用线性方程得出，当料重比较低（1.75）、平均日增重最高（44.61 g/d）时，饲粮 ME 水平为 12.22 MJ/kg；当料重比（1.99）和平均日增重(44.61 g/d)均为最高时，饲粮 ME 水平为 9.87 MJ/kg。由此可见，试验鹅可根据饲粮 ME 水平的高低来调节采食量，当饲粮 ME 水平较低时，可通过增加采食量来达到促进生长的目的。

表 2　饲粮 ME 水平对 1～3 周龄鹅生长性能的影响

Table 2　Effects of dietary ME level on growth performance of geese aged from 1 to 3 weeks

代谢能水平 ME level/（MJ/kg）	始重 Initial weight/g	末重 Final weight/g	平均日增重 Average daily gain/（g/d）	平均日采食量 Average daily feed intake/(g/d)	料重比 Ratio of feed to gain
12.86	110.80±6.27	881.36±35.08^{ab}	42.98±1.75^{ab}	73.19±3.24^{Dd}	1.70±0.04^{Cd}
12.13	114.11±2.17	917.06±30.06^{a}	44.61±1.58^{a}	78.05±2.61^{BCbc}	1.75±0.03^{Cd}
11.43	112.91±3.27	893.12±30.65^{ab}	43.34±1.73^{ab}	79.57±2.73^{Bb}	1.84±0.03^{Bc}
10.73	114.33±0.99	872.60±38.44^{b}	42.13±2.08^{b}	80.16±3.80^{Bb}	1.90±0.07^{Bb}
10.00	112.07±1.63	914.74±32.82^{a}	44.59±1.82^{a}	88.62±2.97^{Aa}	1.99±0.04^{Aa}

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)，相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05).

2.2 饲粮 ME 水平对 1～3 周龄鹅饲料成本的影响

由表 3 可知，饲粮 ME 水平 12.86 MJ/kg 组饲料成本最高，达到 7.06 元/kg；饲粮 ME 水平 10.73 MJ/kg 组饲料成本最低，比饲粮 ME 水平 12.86 MJ/kg 组低 0.85 元/kg。同样，以线性方程 y_2=2.997-0.102x (P<0.01，R^2=0.859)为模型，当处在最佳经济效益时，饲粮 ME 水平为 10.75 MJ/kg。

表 3 饲粮 ME 水平对 1～3 周龄鹅饲料成本的影响

Table 3 Effects of dietary ME level on feed cost of geese aged from 1 to 3 weeks

项目 Items	代谢能水平 ME level/（MJ/kg）				
	12.86	12.13	11.43	10.73	10.00
饲料单价 Feed unit price/（元/kg）	4.15	3.81	3.49	3.27	3.14
料重比 Ratio of feed to gain	1.70	1.75	1.84	1.90	1.99
饲料成本 Feed cost/（元/kg）	7.06	6.67	6.41	6.21	6.25

2.3 饲粮 ME 水平对 1～3 周龄鹅血清生化指标的影响

由表 4 可知，随着饲粮 ME 水平的降低，血清总胆固醇、低密度脂蛋白含量均在饲粮 ME 水平 10.73 MJ/kg 组最高。饲粮 ME 水平 12.86 MJ/kg 组血清总胆固醇含量显著或极显著

低于其他各组（P＜0.05 或 P＜0.01），饲粮 ME 水平 10.73、10.00 MJ/kg 组血清低密度脂蛋白含量极显著低于其他各组（P＜0.05）。各组血清甘油三酯、高密度脂蛋白含量差异不显著(P>0.05)。

表 4 饲粮 ME 水平对 1～3 周龄鹅血清脂类代谢生化指标的影响

Table 4 Effects of dietary ME level on serum lipid metabolism biochemical indices of geese aged from 1 to 3 weeks mol/L

项目 Items	代谢能水平 ME level/（MJ/kg）				
	12.86	12.13	11.43	10.73	10.00
总胆固醇 TC	4.69 ± 0.45^{Bc}	5.31 ± 0.70^{ABab}	4.95 ± 0.54^{ABb}	5.63 ± 0.64^{Aa}	5.39 ± 0.67^{ABab}
甘油三酯 TG	1.04±0.33	0.91±0.27	0.94±0.31	1.07±0.50	1.14±0.30
低密度脂蛋白 LDL	1.84 ± 0.18^{Bc}	2.17 ± 0.30^{Bb}	1.98 ± 0.32^{Bb}	2.67 ± 0.30^{Aa}	2.42 ± 0.40^{Aa}
高密度脂蛋白 HDL	2.24±0.33	2.51±0.48	2.34±0.48	2.26±0.34	2.29±0.32

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)，相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

由表 5 可知，饲粮 ME 水平 12.86 MJ/kg 组血清谷草转氨酶、碱性磷酸酶活性均极显著高于其他各组（P＜0.01）。饲粮 ME 水平 12.13 和 10.73 MJ/kg 组血清总蛋白和球蛋白含量显著或极显著高于饲粮 ME 水平 12.86 和 11.43 MJ/kg 组（P＜0.05），饲粮 ME 水平 10.73 MJ/kg 组血清球蛋白含量最低，极显著低于饲粮 ME 水平 12.83、12.23、11.43 MJ/kg 组（P＜0.05）。各组血清谷丙转氨酶活性、谷丙转氨酶/谷草转氨酶及白蛋白、尿素氮含量差异不显著(P>0.05)。

表 5 饲粮 ME 水平对 1～3 周龄鹅蛋白质类代谢生化指标的影响

Table 5 Effects of dietary ME level on serum protein metabolism biochemical indices of geese aged from 1 to 3 weeks

项目 Items	代谢能水平 ME level/（MJ/kg）				
	12.86	12.13	11.43	10.73	10.00
谷丙转氨酶 ALT/(U/L）	19.67±5.94	19.17±8.07	19.50±6.23	20.27±5.58	18.67±5.43
谷草转氨酶 AST/(U/L)	49.75±17.34^{Aa}	37.75±7.99^{Bb}	35.83±5.49^{Bb}	42.00±12.69^{Ba}	44.58±8.03^{Ba}
谷丙转氨酶/谷草转氨酶 ALT/AST	0.45±0.18	0.54±0.25	0.51±0.15	0.52±0.16	0.42±0.10
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	1 291.60±284.12^{Aa}	844.00±253.10^{Bb}	917.67±421.30^{Bb}	788.82±190.38^{Bb}	872.67±268.56^{Bb}
总蛋白 TP/(g/L)	38.74±2.70^{Bb}	41.97±1.58^{ABa}	38.52±2.81^{Bb}	44.70±3.25^{Aa}	42.11±4.52^{ABa}
白蛋白 ALB/(g/L)	12.10±0.71	12.59±0.72	11.82±0.85	12.29±1.18	12.32±0.96
球蛋白 GLB/(g/L)	26.63±2.35^{Bb}	29.37±1.35^{ABa}	26.70±2.62^{Bb}	32.41±3.50^{Aa}	29.78±4.20^{ABa}
白球比 A/G	0.46±0.03^{Aa}	0.43±0.03^{Aa}	0.45±0.05^{Aa}	0.39±0.06^{Bb}	0.42±0.06^{ABab}
尿素氮 UREA/（mol/L）	1.20±0.35	1.23±0.33	1.17±0.50	1.36±0.48	1.37±0.24

3 讨 论

3.1 饲粮 ME 水平对 1～3 周龄鹅生长性能的影响

饲粮 ME 水平是影响动物采食量的重要因素。随着饲粮 ME 水平的增加，动物采食量下降。家禽有较强的“为能而食”的本能，虽然采食量下降，但 ME 总摄入量会有相对稳定的值，为维持进食稳定和生长性能[12]。杨加豹等[13]、De Freitas 等[14]和曹爱青[15]分别研究了饲粮 ME 水平对肉鸭、鹌鹑和肉鹅生长性能的影响，结果表明随着饲粮 ME 水平的降低，试验动物平均日增重均呈下降趋势，平均日采食量、料重比均呈增加趋势。本试验结果表明，随着饲粮 ME 水平的降低，末重、平均日增重呈先增加后降低再增加的趋势，平均日采食量、料重比逐渐增加。这表明饲粮 ME 水平降低后，会影响采食量，从而降低平均日增重，但当饲粮 ME 水平降低到一定程度后，肉鹅的平均日采食量显著增加，以保持较高增重速度。因此，肉鹅具有根据饲粮 ME 水平调节采食量的能力，进而维持其生长性能的稳定。在实际生产中，鹅采用放牧等粗放的饲养方式依然可以获得较高生长速度和生长性能，正是这个原因。

3.2 饲粮 ME 水平对 1～3 周龄鹅血清生化指标影响

血液是动物体内内环境的重要组成部分，体内代谢原料及废物由血液运输，其成分的变化可反映机体的代谢情况和健康状况。饲粮 ME 水平会对动物的血清生化指标造成影响，进而影响动物健康情况。

总胆固醇是动物机体重要的储能物质，低密度脂蛋白是一种运载胆固醇进入外周组织细胞的脂蛋白颗粒氧化成的脂蛋白，血清总胆固醇和低密度脂蛋白含量均可反映机体脂类代谢情况，其含量过高会引起家禽动脉硬化和猝死症状发生。本试验结果表明，饲粮 ME 水平对脂类代谢产物总胆固醇、低密度脂蛋白含量有一定的影响，随着饲粮 ME 水平的升高，血清总胆固醇、低密度脂蛋白含量呈先升高后降低再升高再降低趋势。陈金文等[16]、井文倩[17]研究表明，饲粮 ME 水平对血清总胆固醇、低密度脂蛋白含量有显著影响，二者随着饲粮 ME 水平的升高而显著降低。蒋守群等[18]也得出类似的结果。出现这种情况的原因可能是饲粮脂肪增加使脂肪合成酶、乙酰辅酶 A 羧化酶和脂肪酸合成酶活性降低，二者均导致血清低密度脂蛋白、总胆固醇含量降低[19]。Keren-zvi 等[20]通过添加棕榈油来提高饲粮 ME 水平，表明植物油对脂肪合成有副作用。

总蛋白是由肝脏合成，其含量的高低直接反映出饲料状况和动物生长发育及生理状态。在一定范围内血清总蛋白含量升高，表明肝脏合成能力加强。血清球蛋白是参与机体免疫机能的蛋白质，是衡量肝脏功能和机体营养状况的重要指标。血清中球蛋白含量及白球比能准确反映机体蛋白质代谢、肝功能的正常与否，反映机体蛋白质的吸收和代谢状况。Özek 等[21]研究发现，饲粮 ME 水平对鹌鹑的血清总蛋白含量有极显著影响，随着饲粮 ME 水平降低，血清总蛋白含量增加，这与本试验结果一致，这表明当饲粮 ME 水平降低时，肝脏蛋白质合成能力加强，从而使其与组织蛋白质保持动态平衡的正向作用[22]。正常血清的碱性磷酸酶活性是了解肝脏损害程度的指标。正常情况下可经胆道排出，但当肝脏出现病变损害严重时，该酶从胆道排出受阻，同时合成减少，使血清中碱性磷酸酶的活性迅速下降。本试验结果表明，当饲粮 ME 水平为 12.86 MJ/kg 时，血清碱性磷酸酶活性极显著高于其他各组，

表明饲粮 ME 水平过高可能会对鹅肝脏造成损害。谷草转氨酶是最敏感的肝功能测定指标，是在肝细胞内合成并在肝细胞内参与代谢的酶，由于肝细胞受损害，细胞膜通透性升高而释放入血，使谷草转氨酶在血清中的活性升高。官丽辉等[23]研究表明，公鸡血清中谷草转氨酶的活性随着饲粮 ME 水平的提高开始有所增加，当饲粮 ME 达到一定水平时，血清谷草转氨酶活性开始下降，这与本研究的结果一致。

3.3 肉鹅育雏期饲粮 ME 需要量

回归分析表明，平均日采食量、料重比均与饲粮 ME 水平存在极显著的线性相关关系。利用线性方程得出，当料重比较低、平均日增重最高时，饲粮 ME 水平为 12.22 MJ/kg；当料重比和平均日增重均为最高时，饲粮 ME 水平为 9.87 MJ/kg。因此鹅具有较强的根据饲粮 ME 水平调节采食量、维持较高生长速度的能力。在实际生产中，可以根据生产水平、生产规模等客观条件，采用适宜的饲粮 ME 水平。在有大量青草和粗饲料供应的条件下，可采用较低的饲粮 ME 水平，通过增加采食量来促进肉鹅生长速度，此时推荐肉鹅的饲粮 ME 水平为 9.87 MJ/kg，如杨文清[6]试验得出四川白鹅 1～4 周饲粮 ME 需要量为 9.95 MJ/kg，王阳铭等[24]推荐 1～4 周肉鹅适宜的饲粮 ME 水平为 10.0～10.5 MJ/kg。当以低料重比、高平均日增重为衡量指标时，推荐饲粮 ME 水平为 12.22 MJ/kg，这一结果与付予华等[25]（12.20 MJ/kg）、王宝维等[26]（12.12 MJ/kg）、张春雷等[27]（12.12 MJ/kg）、NRC（1994）[9]（12.13 MJ/kg）推荐水平一致。另外，本试验结果也表明，低饲粮 ME 水平下肉鹅养殖成本较低，当饲粮 ME 水平为 10.75 MJ/kg，肉鹅经济效益最佳。如章双杰等[28]研究表明，太湖鹅育雏期饲粮 ME 水平为 10.50 MJ/kg。由此可见，前人研究中肉鹅饲粮 ME 水平差异较大的原因可能与其所限定条件有关，不同的衡量指标会导致较大的饲粮 ME 水平差异。

4 结　论

通过回归分析表明，当饲粮 CP 水平为 20%时，以低料重比、高平均日增重为衡量指标，推荐 1～3 周龄四川白鹅饲粮 ME 水平为 12.22 MJ/kg；以高平均日增重、低饲料成本为衡量指标，推荐饲粮 ME 水平为 10.75 MJ/kg。

参考文献：

[1] 何大乾.鹅高效生产技术手册[M].2 版.上海:上海科学技术出版社,2007:171–172.

[2] 李琴,陈明君,彭祥伟.饲粮粗蛋白质和代谢能水平对 1~3 周龄四川白鹅生长性能及氮和能量平衡的影响[J].动物营养学报,2014,26(9):2582–2589.

[3] 闵育娜.0～8w 肉鹅能量和蛋白质营养需要量研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2005.

[4] 魏宗友,张建智,喻礼怀,等.日粮能量水平对 6～10 周龄扬州鹅生产性能与脂肪沉积的影响[J].动物营养学报,2009,21(5):659–664.

[5] 王信喜,王志跃,杨海明,等.饲粮能量蛋白质水平与赖氨酸水平对 5～10 周龄扬州鹅体重和屠宰性能的影响[J].动物营养学报,2012,24(6):1044–1051.

[6] 杨文清.四川白鹅肉仔鹅能量蛋白质需要量研究[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,1993.

[7] 林宗周.豁鹅幼雏日粮粗蛋白水平的试验[J].畜牧与兽医,1986(3):113–115.

[8] 马国龙,孙鹏翔.肉用中型仔鹅能量和蛋白质需要量的研究[J].水禽世界,2006(2):33–37.

[9] NRC.Nutrient requirements of poultry[M].9th ed.Wahshington,D.C.:National Academy Press,1994:78–88.

[10] 王庆.鹅鸡饲料代谢能的比较和强饲法测定鹅饲料代谢能时适宜样本量的探讨[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2012.

[11] 盛东峰,王志跃.鹅对六种常见原料的代谢能值及部分营养成分利用研究[J].中国家禽,2006,28(24):112–115.

[12] 杨凤.动物营养学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2000:171–173,195.

[13] 杨加豹,张亚平,李定发,等.日粮能量水平对肉鸭生产性能影响及"标准曲线法"测定饲用酶制剂的表观代谢能值[J].中国饲料,2004(19):12–14.

[14] DE FREITAS A C,FUENTES M D F F,FREITAS E R,et al.Dietary crude protein and metabolizable energy levels for meat quails[J].Revista Brasileira de Zootecnia,2006,35(4):1705–1710.

[15] 曹爱青.日粮能量水平对朗德鹅和溆浦鹅生产性能及部分血清参数影响的研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2007.

[16] 陈金文,杨山,莫棣华,等.日粮能量和蛋白水平对肉鸡腹脂和血脂的影响[J].动物营养学报,1998,10(1):20–28.

[17] 井文倩.代谢组学及其在动物营养研究中的应用[J].山东畜牧兽医,2009,30(11):59–60.

[18] 蒋守群,蒋宗勇,郑春田,等.饲粮代谢能和粗蛋白水平对黄羽肉鸡生产性能和肉品质的影响[J].中国农业科学,2013,46(24):5205–5216.

[19] DONALDSON W E.Lipogenesis and body fat in 220 chicks:effects of calorie-protein ratio and dietary fat[J].Poultry Science,1985,64(6):1199–1204.

[20] KEREN-ZVI S,NIR I,NITSAN Z,et al.Effect of dietary concentrations of fat and energy on fat deposition in broilers divergently selected for high or low abdominal adipose tissue[J].British Poultry Science,1990,31(3):507–516.

[21] ÖZEK K,BAHTIYARCA Y.Effects of sex and protein and energy levels in the diet on the blood parameters of the chukar partridge (*Alectoris chukar*)[J].British Poultry Science,2004,45(2):290–293.

[22] 刘珍清,王晓波,刘颖,等.鹌鹑血清中脂类代谢相关生化指标正常参考值的测定[J].实验动物科学,2012,29(5):33–36.

[23] 官丽辉,刘海斌,张立永,等.日粮不同能量水平对育成鸡体增质量、血液生化指标及内脏器官发育的影响[J].中国兽医学报,2014,34(2):350–356.

[24] 王阳铭,王琳,杨文清,等.肉用仔鹅集约化饲养条件下的能量和蛋白质需要[J].西南农业学报,1999,12(2):103–111.

[25] 付予华,刘倚山,荣雷,等.不同能蛋水平日粮对皖西白鹅早期增重的影响[C]//中国畜牧兽医学会家禽研究会第五次学术年会论文集.成都:中国畜牧兽医学会,1991:237–239.

[26] 王宝维,孙作为.不同能量蛋白水平对豁眼鹅雏期生长发育的影响[J].山东家禽,1995(2):2–4,12.

[27] 张春雷,刘福柱,侯水生.育雏期不同能量蛋白质水平对肉鹅生产性能影响[J].中国饲料,2004(18):24–25.

[28] 章双杰,汤青萍,胡艳,等.不同代谢能水平日粮对太湖鹅肉鹅生产性能的影响[C]//第五届(2013)中国水禽行业发展大会.赤峰:中国畜牧业协会禽业分会,2013:133–135.

Effects of Dietary Metabolizable Energy Level on Growth Performance and Serum Biochemical Indices of *Sichuan* White Geese Aged from 1 to 3 Weeks

LI Qin ZHAO Xianzhi* LIU Wanhong HE Dechao PENG Xiangwei**

（*Chongqing Academy of Animal Science, Chongqing* 402460, *China*）

Abstract： This experiment was conducted to study the effects of dietary metabolizable energy (ME) level on growth performance and serum biochemical indices of *Sichuan* white geese aged from 1 to 3 weeks. Seven hundred and eighty healthy 3-day-old *Sichuan* white geese with similar body weight were randomly allocated into 5 groups with 6 replicates in each group and 26 geese in each replicate. Using in a single factorial design trial, the geese were fed 5 experimental diets with 5 dietary ME levels (12.86, 12.13 11.43, 10.73 and 10.00 MJ/kg), and dietary crude protein level was 20% in every group. The experiment lasted for 18 days. The results showed as follows: 1) the average daily feed intake and ratio of feed to gain of dietary ME level 10.00 MJ/kg group were significantly higher than those of other groups (*P*<0.01), the final weight and average daily gain of dietary ME level 12.13 and 10.00 MJ/kg groups were significantly higher than those of dietary ME level 10.73 MJ/kg group（*P*<0.05）. 2) The feed cost of dietary ME level 12.86 MJ/kg group was the highest, while the feed cost of dietary ME level 10.73 MJ/kg group was the lowest. 3) The serum total cholesterol content of dietary ME level 12.86 MJ/kg group was significantly lower than that of other groups (*P*<0.05 or *P*<0.01), the serum low density lipoprotein content of dietary ME level 10.73 and 10.00 MJ/kg groups was significantly lower than that of other groups (*P*<0.01), the activities of glutamic oxalacetic transaminase and alkaline phosphatase in serum of

*Contributed equally
**Corresponding author, professor, E-mail: cqpxw@163.com （责任编辑 武海龙）

dietary ME level 12.86 MJ/kg group were significantly higher than those of other groups (P<0.01). In conclusion, the regression analysis show that selected low ratio of feed to gain and high average daily gain as indicators, the recommended dietary ME level of *Sichuan* white geese is 12.22 MJ/kg; selected high average daily gain and low feed cost as indicators, the recommended dietary ME level is 10.75 MJ/kg.

Key words: brooding period; *Sichuan* white geese; metabolizable energy; growth performance; feed cost